

CORRIGE DU PROBLEME DE PHYSIQUE

EXERCICE A : DU CAFE CHAUD, MAIS NON BOUILLI

1- Tracé de la courbe.

2- $T = 2,25$ min environ, soit 2 min 15s

$a = 10 \text{ } ^\circ\text{C}.\text{min}^{-1}$

3- a) Lors du fonctionnement linéaire,

$$Q_1 = M c_p \Delta\theta = M c_p a \Delta t \text{ et } W = P \Delta t.$$

$r_1 = 0,46$ soit 46%.

Pour les neuf premières minutes de chauffe, $r_2 = 0,35$ soit 35%.

b) La valeur de r_2 peut être améliorée en coupant l'alimentation électrique avant la fin des neuf minutes (la plaque très chaude continue à élever la température de l'eau) ; on peut aussi mettre un couvercle à la casserole, mais le gain est moins important.

4- a) On assimile la masse volumique et la capacité thermique du café à celle de l'eau.

On suppose que la valeur de T (temps nécessaire à la montée en température de la plaque) ne change pas et que le coefficient a est inversement proportionnel à la masse de liquide.

On obtient alors, si t est exprimé en min, θ (en $^\circ\text{C}$) = $20 + 13,3.(t-2,25)$.

La durée de l'opération vaut alors 6 min environ.

b) Le résultat obtenu est compatible avec le résultat expérimental, une durée de 15 secondes ne modifie la température que de quelques degrés et la température de 70°C était une valeur maximale.

N.B.1-En fait, on ne tient pas compte de la capacité thermique de la casserole, ce qui conduit à une majoration du coefficient directeur calculé et donc à une minoration de la durée calculée.

N.B.2- Considérer un rendement global de 35% pour la durée totale de l'opération n'est pas acceptable, le rendement est inférieur puisque le chauffage dure moins longtemps que précédemment et que les deux premières minutes, de rendement quasi-nul, ont donc une importance relative plus grande.

EXERCICE B : EVITER DE DETERIORER DES COMPOSANTS ELECTRIQUES

1- $\underline{H}$ =

$H =$

2- a) $\omega_0 = 1000 \text{ rad.s}^{-1}$, $Q = 25$.

b) Le signe de la dérivée est celui du polynôme : - qui s'annule pour $x = 0$ ou $x_0 =$. Elle est positive entre ces deux valeurs, négative sinon.

H atteint sa valeur maximale pour $x_0 = 1 - 4.10^{-4} \cong 1$

c) $H_{\max} \cong 25$

3- Pour $x_1 = x_0 + 1,94.10^{-2}$ et $x_2 = x_0 - 2,06.10^{-2}$, on obtient $H = 17,68$ soit $H_{\max} /$. Ces deux valeurs de x représentent donc les limites de la bande passante à -3 dB.

4- La courbe a correspond au graphe simplifié de la courbe $G_{dB} = f(\log x)$.

L'étude des asymptotes suffit à le montrer : en effet, H est constant à basse fréquence et égal à 1 (soit $G_{dB} = 0$) alors qu'à haute fréquence, H tend vers 0 et donc G_{dB} tend vers $-\infty$ (pente de -40 dB/décade).

5- Pour une tension efficace de valeur U donnée, l'intensité est maximale pour $\omega = \omega_0$ et vaut $I = \dots$. Sachant que la bobine et le conducteur ohmique ne peuvent supporter sans risque de destruction un courant d'intensité efficace 500 mA, U doit être limitée à $40 \times 0,5 = 20$ V. La tension efficace aux bornes du condensateur est maximale pour $x = 1 - 4 \cdot 10^{-4}$ et vaut alors $U_c = H_{\max} U = 25 U$. Sachant que le condensateur est détruit lorsque la tension efficace à ses bornes atteint 200 V, U doit être limitée à $200/25 = 8$ V. Pour qu'aucun composant ne soit endommagé lorsqu'on fait varier la fréquence de 0 à 1 kHz, U doit donc rester toujours inférieure à 8 V.

EXERCICE C : MISE SUR ORBITE D'UN SATELLITE

1- ; D'où $E_p = \dots$, l'énergie potentielle étant nulle "à l'infini".
2- Le satellite décrit, autour du centre de la Terre, une orbite circulaire à l'altitude h telle que $h = \alpha R$.

a) Dans le référentiel géocentrique supposé galiléen, ce qui donne en projection radiale :
 Donc :

Pour $r = R(1 + \alpha)$, on trouve $\dots = 7,72 \text{ km.s}^{-1}$ pour $\alpha = 0,05$.

b) $E_m = E_c + E_p = \dots = -1,19 \cdot 10^{10} \text{ J}$.

3- a) Théorème du moment cinétique appliqué au satellite dans le référentiel terrestre supposé galiléen : . Le moment cinétique est donc constant, le vecteur vitesse et le vecteur position restant constamment perpendiculaires au vecteur, la trajectoire se déroule dans le plan perpendiculaire à ce vecteur passant par la position initiale et est donc plane.

b) ; .

4- a) $r_{\min} = p / (1 + e)$ et $r_{\max} = p / (1 - e)$; $2a = r_{\min} + r_{\max} = 2p / (1 - e^2)$; $a = p / (1 - e^2)$

b) $u = (1 + e \cos \theta) / p$, donc $\dots = -e \sin \theta / p$.

$E_m = E_c + E_p = m C^2 (u^2 + u'^2) - ku = (1 + e^2 + 2e \cos \theta) - (1 + e \cos \theta)$.

En remplaçant $m C^2$ par $k p$, on obtient $E_m = \dots (e^2 - 1) = \dots$.

5- Pour éviter que le satellite ne s'écrase au sol, il faut que $r_{\min}$ soit supérieur à R , donc que $2a$ soit supérieur à $R(2 + \alpha)$ puisque la position initiale correspondra à l'apogée. (vitesse initiale perpendiculaire au rayon-vecteur)

Donc $m > \dots$

. D'où $\beta > \dots$, soit numériquement $\beta > 0,988$.

- Pour éviter que le satellite n'échappe définitivement à l'attraction de la Terre, il faut $E_m < 0$

Donc, $m < 0$.

. D'où $\beta < \dots$.

En conclusion, β doit être compris entre 0,988 et 1,414.

EXERCICE D : DIFFUSION DE NEUTRONS

1- En régime permanent et en l'absence d'absorption, j_n est constant, donc $\dots$ est constante.

$\dots$. On en déduit : $j_n = D \dots$.

2- a)

Bilan, pendant l'intervalle de temps dt , pour une tranche d'épaisseur dx , située à l'abscisse x :

- augmentation du nombre de neutrons : $S dx dt$

- différence entre le nombre de neutrons ayant pénétré à l'abscisse x et le nombre de neutrons sortis à l'abscisse $x + dx$: $j_n(x, t) S dt - j_n(x+dx, t) S dt = S dx dt$

- nombre de neutrons absorbés : $K S dx dt$.

Bilan après simplification : $= - K$

Ce qui donne en utilisant la loi de Fick :

b) En régime permanent, $0 =$. En intégrant, on obtient : $=$.

Les conditions aux limites imposent : , et donc $j_n = - K x + J_0$.

c) Le courant de neutrons s'annule pour $L' =$.

Ce dernier résultat pouvait être obtenu en écrivant simplement que les neutrons pénétrant par unité de temps à l'abscisse $x = 0$ sont absorbés en totalité dans le volume SL' .

D'où : $J_0 S = K S L'$.

d) Il est irréaliste de supposer que le nombre de neutrons absorbés par unité de volume est indépendant de la concentration en neutrons, il est plus naturel de le supposer proportionnel à cette concentration.

3- . En posant $n(x, t) = f(x).g(t)$, on obtient .

g' est la dérivée de g par rapport à t , f'' la dérivée seconde de f par rapport à x .

Le premier terme de cette égalité ne dépend que de t , le second ne dépend que de x , ils sont donc égaux à une constante que nous appellerons λ .

s'intègre en $f = A \cos \omega x + B \sin \omega x$ si l'on pose $\omega^2 =$.

Pour la résolution de cette équation différentielle, on impose $k - \lambda > 0$, sans quoi les conditions aux limites ne pourraient être satisfaites.

Ces conditions aux limites ($n = 0$ en $x = 0$ et en $x = L$) imposent $A = 0$ et $\omega L = \pi$, étant entendu que n ne peut s'annuler qu'aux extrémités du barreau. Cette dernière condition conduit à la relation $\lambda =$. Or si $\lambda > 0$, l'équation différentielle " $g' = \lambda g$ " a pour solution une exponentielle qui croît indéfiniment : $n(x, t)$ diverge si la longueur L du barreau est supérieure $L_0 =$.

Si L est supérieure à L_0 , il y a augmentation exponentielle du nombre de neutrons dans le barreau et donc du nombre de réactions de fission (qui libèrent de l'énergie) : il se produit alors une explosion nucléaire.